

高等学校教学参考书

环 境 化 学

杨维荣 张晓瑞 于 岚编

人 民 教 育 出 版 社

本书是高等工业院校《普通化学》课程的教学参考书之一。

全书共分六章。第一、二章主要介绍了有关环境化学的基本概念和基本知识,包括自然环境的四个圈层和生态系统中的物质循环等;第三、四、五章对水、大气、土壤的性质、污染,污染物的来源、存在形式、变化规律、监测,环境质量标准及防治等问题在化学原理方面进行了分析;第六章概述了各类能源的性质、使用和对环境的污染,以及清洁能源的开发和利用等。

高等学校教学参考书

环 境 化 学

杨维荣 张晓瑞 于 岚编

*

人民教育出版社

新华书店北京发行所发行

西安新华印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 6.125 字数 140,000

1980年3月第1版 1980年12月第1次印刷

印数 00,001—11,400

书号 13012·0451 定价 0.55 元

编 者 的 话

根据1977年11月在杭州召开的高等学校工科化学教材会议制订的计划，我们编写了《环境化学》这本小册子，作为高等学校普通化学课程的教学参考书。

环境化学是环境科学的一个分支，是应环境污染问题的提出而新兴起的一门综合性的基础学科。随着大工业的飞速发展，由于环境的污染（大气被毒化，垃圾成灾，河流、海洋被污染，水生物的减少，土壤及植被的破坏，农副产品中农药残毒的过量等……），破坏了自然界原有的动态平衡，严重地威胁着人类的生存和发展，必然推动了人们对改善环境质量的研究。从化学角度探讨由于人类活动而引起的环境质量的变化规律及其保护和改善的原理，就成为环境化学的任务。

环境化学大体包括三方面的内容：即环境污染的化学分析监测；环境中造成化学污染的机理；应用化学法、物理化学法防治污染及其化学原理。本书编排有绪论，组成环境的物质，水，大气，土壤和能源等六章。第一、二章主要对环境科学，环境化学，生态学，环境污染及保护，自然环境的四个圈层，生态系统中的物质循环等环境化学中的基本概念及基本知识作了较详尽的阐述，也是后面几章的准备。第三、四、五章对水、大气、土壤的性质，污染，污染物的来源、存在形式、变化规律、监测，环境质量标准及防治等问题在化学原理方面分别进行了较深刻的分析，是本书之重点。第六章对各类能源的性质、使用及对环境的污染进行了论述，特别是对各类能源的综合利用和清洁的新能源的开发和利用做了较全面的介绍。大力发展清洁能源是减少污染

极其重要的一环。由上述内容可见，本书不仅可作普通化学课程的教学参考书，也可供干部和科技工作者阅读，以引起各行各业的人们对环境问题的关注。

本书初稿由哈尔滨工业大学化学教研室周定同志审阅，后又由北京工业大学环化系主任刘天齐同志复审，都提出了不少宝贵意见，一并表示衷心感谢。

由于水平有限，时间仓促，书中缺点和错误在所难免，恳请各位读者批评指正。

编 者

1979年12月

目 录

第一章 绪论	1
1-1 人与环境的关系	1
1-2 什么是环境科学	4
1-3 环境化学的范围与目的	7
1-4 生态学的基本概念	9
1-5 环境污染与环境保护	13
第二章 组成环境的物质	20
2-1 自然环境中的四个圈层	20
2-2 物质的来源	21
一、核聚变反应	22
二、大气圈	24
三、水圈	26
四、岩石圈	27
五、生物圈	28
2-3 生态系统中的物质循环	31
一、物质与能量	31
二、水循环	32
三、碳循环	34
四、氮循环	25
五、氧循环	26
第三章 水	39
3-1 水的物理化学特性	40
3-2 天然水的分类与成分	43

3-3 水化学条件对污染物迁移转化的影响	44
3-4 水的污染	52
一、悬浮固体物质	53
二、酸、碱、盐等无机污染物	54
三、重金属的污染	56
四、有机污染	57
五、热污染	61
六、放射性污染	62
3-5 水质标准与水质监测	62
一、水质标准	62
二、水质监测	65
3-6 污水处理	72
一、水体的自净作用	73
二、污水的处理	76
3-7 水源的合理利用	82

第四章 大气	83
4-1 大气与生命的关系	83
4-2 大气圈的结构与运动状态	84
4-3 大气污染与气象因素	86
4-4 大气中的污染物	90
一、粉尘	91
二、二氧化硫	93
三、一氧化碳	97
四、氮氧化物	99
五、碳氢化物	103
六、氧化剂和光化学烟雾	104
七、其它	107
4-5 大气污染的防治	110

第五章 土壤	112
5-1 土壤的成分与来源	112
一、矿物性固体	113
二、有机质	120
三、空气和水	121
四、土壤中的营养元素	123
5-2 土壤的性质	125
一、物理性	125
二、离子交换作用	126
三、土壤的 pH 及其与营养质可利用性的关系	128
四、土壤的自净作用与去毒能力	130
5-3 土壤污染	132
一、土壤污染与污染源	132
二、土壤中主要污染物质	133
三、关于污灌问题	139
5-4 土壤处理与土壤保护	139
一、从土壤中除去污染物	139
二、降低污染物对植物的有效性	140
三、创造病原菌的敌对环境	140
 第六章 能源	 142
6-1 能量与能源	142
6-2 能源与污染	147
一、煤	148
二、石油和天然气	159
三、原子能	167
6-3 清洁能源的开发	170
一、太阳能	170
二、氢能	173

三、燃料电池	176
四、地球热能	179
五、陆地上的水力资源和海洋动力资源	182
结束语	186

第一章 绪 论

1-1 人与环境的关系

人类的环境就是大气圈、水圈、岩石圈和生物圈共同组成的物质世界——自然界。由地球的开始形成到四个圈层的逐一出现，经历了漫长的历史岁月，也即在没有人力参与之前的一切自然变迁，其速度均是极端缓慢的，每个时期的划分动辄以亿万年计（参阅图 2-3）。但当地球上有人类出现之后，情况便发生了根本的变化。

人和生物是地球和环境进化到一定阶段的必然产物。在生存斗争中，人的大脑能思维，灵巧的双手会劳动，故使人类有别于其它动物而成为改造自然的主人。人类为什么要改造自然呢？因为人类生存的基本要素，如空气、水和食物虽然是由自然环境提供的，但是“人的生存条件，并不是他一从狭义的动物中分化出来就现成具有的；这些条件只是通过以后的历史的发展才能造成。”（恩格斯：《自然辩证法》人民出版社，1971年北京版，第174页）这个历史也就是人类改造自然环境的历史，为了生存斗争，人力求为自己创造一个新的更美好的生存环境，因而开始了改造自然环境的活动。与此同时，整个自然界也就进入了人与环境相互依存、相互作用即对立统一的新的历史阶段。人类从自然环境中摄取生存必要的物资，相应地，这种生产活动使自然环境不断发生变化，而这种变化的速度是人类史前任何自然界的变难以比拟的。但是，要知道人类对环境改造的能力越大，自然环

境的反作用也越大，则环境问题的发生亦是必然的后果，现在就让我们来粗略地回顾一下各个历史时期，人类对环境的作用以及所发生的问题。

人类对自然环境的改造，影响的程度，是随着社会生产力的发展，生产方式的不断演变，利用自然能力的不断提高而逐步增强的。从原始社会到十八世纪后半叶，即工业革命之前，生产力和生产关系虽有很大的发展，但工业基本上属手工操作。尽管后一时期在个别地区由于烧煤引起了环境污染（14世纪后在英国伦敦）而且也造成了某些危害，但那时的能源主要是风力、水力和畜力，燃料主要是木材，所以从全球来看，工业革命以前的时代，工业污染是次要的，环境问题主要是由农牧业生产活动造成的。其演变的速度缓慢，不易为人们所察觉，还未超过人类所能适应的限度，因此人与环境尚可维持在一定的动态平衡条件下同时得到发展。

在十八世纪后半叶至廿世纪初，由于蒸汽机的出现，引起了生产工具的巨大变革，在资本主义社会兴起了工业革命，使生产力和生产规模以空前的速度发展起来，这个时期的工业生产活动逐渐成为环境污染的主要原因。当时主要能源来自煤的燃烧，工业的发展使煤的消耗量激增，由此带来的空气污染相当明显。英国工业发展最早，用煤量也最大，因此，煤烟污染的历史也最长。伦敦在1873年到1931年间曾经多次发生煤烟引起的污染事件，每次都造成数百人的死亡。另外，许多工业生产先进的国家，由于工业企业群的建立，使人口逐渐集中于城市，城市内人口和工业的集中，造成的环境问题便是空气和水体以及土壤的污染。同时，也为病原菌的滋生与扩散提供了方便。在这些地方，人类的生活环境发生了明显恶化，也就是由工业革命的兴起而带来了工业污染，但是，这个时期的污染从全球来看，只是一些点

源污染，还没有达到严重影响生产力发展的程度。

自廿世纪初到六十年代，特别是第二次世界大战之后，科学和工业均得到迅猛的发展，工业的现代化和城市的现代化使工业过分集中和城市人口过密，环境的污染由点源污染扩大到区域性污染。并在五十年代以后，酿成了社会公害。由于石油等新能源的利用，又带来了新的污染现象——光化学烟雾。还有自二十世纪以来化学工业的发展，以大量人工合成的化学物质取代天然物质，诸如各种合成纤维、塑料、再加上有机氯农药和多氯联苯（PCB）的使用，给环境增加了种类繁多的新的有害污染物。这些污染物中，有相当一部分是自然界不易降解的，如 DDT 在土壤中可残留多年，并且通过大气、水和生物等各种途径扩散到世界各地，具有潜在的危害性。总之，在这一时期中，现代大工业的飞速发展所造成的环境污染是以能够察觉到的速度在发生变化，由于超过了环境和人体所能承受的限度，破坏了自然界原有的动态平衡，已严重地威胁到人类的生存和发展。

在本世纪六十年代以后，由于科学技术的突飞猛进，工业发展的速度大大超过以往任何历史时期，人力所及的范围，上及太空，下及海底。利用的能源除煤和石油之外，还有原子能和合成的高能燃料（如碳氢化合物），所谓“排山倒海”在以前只是形容词，但在今日却不难付诸实践。在这种庞大人力的作用下，对自然界的影响当然是极其深远了。况且有以往各个历史时期污染物的多年积累和扩散，加上现今污染物排放量的与日俱增，（据估计全世界每年生产的人工合成的有毒化合物约五十万种共四百万吨，每年施用的矿物肥料四亿吨，其中有有毒的化学药品约为四百万吨，所有这些物质，几乎近一半滞留在大气和江、河、湖、海内，每年还将有十八万吨的铅和磷，三千万吨的汞以及各种有毒的重金属流进水体里，另外，每年还有二百万吨石油流进

海洋。至于由于燃料的燃烧所排放出的余热及污染物的量也随逐年燃料消耗量的激增而加大，仅据大气中二氧化碳含量的增加速度，有人推测会造成全球性的气温变化，可能带来灾难性的后果。）致使区域性的污染已扩展成为全球性的污染。现今人类正处在一个被各种污染物所毒化了的环境中生活，通过空气、饮水及食物，有毒有害的物质随时可能侵入人体，任何人都无法逃脱污染了的环境对人的报复作用。环境污染的日益扩展，不仅危害人类的生命健康，而且阻碍了生产的发展，因而强烈地推动了改善环境质量的研究，促进了环境科学的形成与发展。

1-2 什么是环境科学

人类在不断提高驾驭自然环境的能力，使自然环境为自己目的的服务的同时，自然环境对人类的反作用力也随之增大。但是，人类正是在改造客观物质世界的同时，也改造了自己的主观世界。人类在不断地同自然反复斗争中，不断地取得自由，而创造着新的生存环境。环境科学就是在这种生产斗争发展的过程中应运而生的。

环境科学是研究在人类活动的影响下，环境质量变化的规律以及环境保护与改善的科学。环境科学是近十几年来新兴的一门综合性科学，它把人和环境作为一个对立统一的整体来研究，从理论上阐明环境系统内在的矛盾和运动的规律，并探讨在人类活动的干预下，环境系统的变化及其后果，以达到认识环境，保护和改善环境的目的。而在当前，环境科学的基本任务就在于解决以污染为中心的各种环境问题。其具体内容包括：（1）人与环境关系的研究；（2）污染源的研究；（3）污染物进入环境系统中迁移、转化过程和规律的研究；（4）环境污染危害的研究；（5）环境污染评价的研究；（6）环境污染控制及消除措

施的研究；（7）环境污染预测、预报的研究；（8）环境污染区划及环境保护规划的研究等。

实际上人对环境的研究并非从六十年代开始的。早在工业革命以前，已经有研究自然环境的地理学，研究地球大气的气象学，研究元素和无机化合物性质的化学，但均未触及由人改变了的环境同时又对人起着相反作用这样根本的环境问题。因此，在工业革命以前较长历史时期中，人们对环境影响的研究只停留在直观的零散的表面观察上。至于环境污染的治理技术则更为少见。不过，此时已包含了对环境问题认识的萌芽。

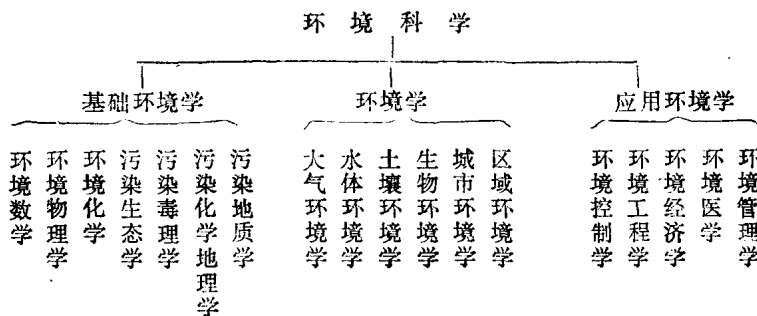
在完成工业革命之后，随着工业环境污染的不断发生，开展起一些治理污染的技术，如修建下水道及安设机械除尘装置等。这个时期人们不断积累和扩大了对环境的感性认识，特别对空气及水体的污染进行了较多的探讨，但作为专门的科学理论还不可能建立。

大约从十九世纪末叶起，自然科学开始向更为专门化的方向发展，逐渐形成一些分支学科。如从化学中又分化出无机化学、有机化学、分析化学、胶体化学等，并且各个学科之间由于越来越紧密地相互渗透而产生了一些介于许多学科之间的边缘科学，如物理化学、地质化学、生物化学、大气物理等。这些科学的产生，为环境问题的研究提供了新的实验手段，分别承担所触及的环境问题，并从各自的角度所做的探讨，为环境科学的形成积累了大量的资料，但还没有综合起来形成一个完整的独立的科学体系。

有鉴于人与环境构成的体系是一个错综复杂的多元结构的平衡体系，因此，对环境问题的研究就不仅要涉及数学、物理、化学、生物、地质、气象等多种自然科学的分支及边缘学科，还要涉及到工程技术、社会学和经济学等社会科学的学科。以往的各

个自然科学的分支学科和边缘学科对研究环境的污染问题，只能从微观方面认识污染物在环境中变迁的机理，却不能从宏观方面认识物质与能量在人与环境的综合平衡体系中交换和转移的运动规律。人与环境的问题，从广度来看，物质与能量是在一个地球、天体以及人类的形成和演变的广阔空间和漫长的时间内运动；从深度来看，物质和能量又是以离子、原子和分子的微小粒子在人与生物的细胞的狭小空间和短暂的时间内运动。因此，研究人与环境的问题就必须从宏观和微观的两个领域同时开展，才能把握它的运动规律。最近一二十年以来形成的环境物理学、环境化学、环境生物学、环境地质学等就是应环境科学研究的需要而新兴的综合性边缘学科。而且现代科学技术的发展又为环境科学的研究提供了必要的实验手段，从而奠定了“环境科学”这个与人类生活关系极端密切的的综合的新型科学的基础，人们将依靠它来掌握环境质量变化的规律，以期获得生活环境的保护与改善。

虽然环境科学是这样一门由分科的精细分工转而向综合，整体化发展的科学，但因其涉及面极广，对环境不同方面的问题还是需要分别加以研究，因而出现了环境科学中的各个分科。环境科学现在尚处于发展阶段，无论对于研究范畴及分科体系，意见均不一致，现将一种比较普遍的分类法列表于下。



由表可知环境科学包括内容极其广泛，本书着重介绍的仅是其中的一部分——环境化学。

1-3 环境化学的范围与目的

环境化学是应环境污染问题的提出而新兴起的一门综合性基础学科。它是由从化学中分化出来的大气污染化学、水污染化学和土壤污染化学等分支学科，与气象学、生物学、水文地质、土壤学等进行综合而逐渐形成的。环境化学的任务是从化学的角度来探讨由于人类活动而引起的环境质量变化规律，及其保护和改善的原理。内容大体分为三个方面：环境污染的化学分析监测；环境中造成化学污染的机理；应用化学法、物理化学法防治污染及其化学原理的研究。

众所周知，环境分析和监测是环境科学研究的基础，对环境质量进行系统和必要的分析和监测是了解污染情况，预报污染趋势，提供污染控制措施，为全面规划、合理布局、正确开发和合理利用资源，发展工农业生产，改善人民生活环境提出科学依据不可缺少的环节。能够影响环境质量的因素是多方面的，但化学物质是环境污染的主要因素。所以环境化学分析在环境监测中占有重要地位（对环境质量还要进行气象、物理、生物等方面项目的测定）。

环境化学分析是从经典的化学分析基础上发展起来的，但它在分析项目的选择，采样点及采样方法的决定，分析手段的要求以及结果数据的分析诸方面均具有环境科学的特殊性，这些非经典化学所能胜任。仅就分析手段一点而言，因为环境污染物一般来说浓度均很低（多以ppm或ppb为单位），这就要求分析方法具有更高的灵敏度，只用以往的定性定量操作方法很难满足要求。现在所引用的许多精密分析仪器及新的测试方法（例如极谱仪、

色谱仪、光谱仪及离子选择性电极等，在后面有关章节中将分别介绍），则为环境化学分析提供了方便。此外环境成分是随时改变的，因此只靠手工操作就无法反映出真实情况，必须依靠仪器进行自动地连续分析。所以，近年来在环境化学分析方面其发展的趋势是采用自动化连续分析仪，并与电子计算机相连接，以期能按一定程序分析数据，进行监测及预报污染事故的发生。总之，环境化学分析本身亦是一门新的科学，为了适应环境分析的需要，正在迅速发展。

关于环境中造成化学污染机理的研究，是环境化学的中心课题，但尚处于开始阶段，只有些片断的、个别问题的专论。例如在环境中金属遭到化学腐蚀的原理，在普通化学中已经介绍过了，现在对于甲基汞，酸性雨，光化学烟雾等的形成过程及其对环境的危害，文献中已有大量报导。本书在后面有关部分将做摘要讲述。因为化学污染物对环境的破坏是多方面的，作用非常复杂，研究也很困难。但只有对污染机理有了透彻的了解，才能提出防治技术的理论根据，所以，污染机理的研究是环境化学的重要部分。

对于防治污染所用的化学方法，物理化学法等，其研究与应用均远在环境科学形成之前，但目前仍以单项技术较多，普遍的系统方法还需进一步总结。最早的环境化学治理技术是由保护水源开始的，我国古代已知明矾净水的方法，至十九世纪后期，即开始用氯气对饮水消毒。对于酸碱废水用中和法治理更是常用的手段。至于对大气的治理，则在烟气污染事件发生之后。开始只是用机械法来消除烟尘，后经研究证明烟气中的 SO_2 具有毒性作用，此后，在除尘之外则致力于研究烟气的脱硫。几十年来，脱硫技术方案可行者很多，但各有优缺点，使用时需根据具体条件加以选择。自本世纪六十年代以后，水、气、土壤的污染问题日趋

加重，其中包括的污染质亦日益复杂。针对于此，化学及物理化学防治方法的研究任务是很艰巨的，它将一方面继续开展对新出现问题的处理方法的研究——例如汽车尾气的催化净化；一方面致力于杜绝污染质的发生而提出新工艺方案——例如煤的气化和液化，无污染或少污染的化学能源的开发等。此外，还应从化学的角度研究各种企业的联合生产，进行三废的综合利用，变消极为积极，为污染防治开辟新的途径。

环境化学讨论的重点虽然是在于环境中有关化学的问题，但因其原属一门综合科学，而且环境本身就是由多种因素组成的，所以，孤立地研究化学内容而不涉及其它方面是不可能的。目前这门科学刚刚兴起，尚无定型范畴，所以，各种环境化学书籍所包括的内容也不尽相同。本书是为工科院校普通化学课程编写的参考书，目的首先是为阐明化学在环境问题中的重要地位，另外，也用以加深普通化学所学的理论概念。内容则以水、大气、土壤与能源中物质的化学平衡与能量交换为主要线索、介绍现代工程技术可能导致的环境质量影响，使读者在今后从事工业建设的同时，能正确处理生产与污染的矛盾，为把我国建设成一个清洁优美的生活和劳动环境而努力。

1-4 生态学的基本概念

在环境化学的研究中不可避免地要涉及到污染质对人及生物的相互作用，为了便于讨论这方面的问题，下面对生态学的概念加以初步介绍。

首先让我们来谈一谈什么叫生物圈。在地球上凡有生命存在的地方均属生物圈。它是组成自然界的四个圈层之一。构成生物圈的先决自然条件应是：（1）有大量液态水的区域；（2）可从太阳获得足够的能量；（3）其中有介于物质三态之间的界